

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОЗАХВАТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИГ-БЭГОВ

Д. С. Егоров,  
студент

С. Г. Гнездилов,

доцент, канд. техн. наук

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва

**Аннотация.** Представлены результаты топологической оптимизации решения грузозахвата для биг-бэгов. Предложено новое техническое решение захвата с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Описан подход к рациональному проектированию таких грузозахватов.

**Ключевые слова:** топологическая оптимизация, биг-бэг, грузозахват.

### RATIONAL DESIGN OF BIG-BAG LIFTER

**Abstract.** The process of topological optimization of a common technical solution for big-bags is provided. A new technical solution of the gripper with improved operational parameters and characteristics is proposed. A rational approach to the design of such cargo grabs is described.

**Keywords:** topological optimization, big-bag, cargo handling.

В разных отраслях промышленности широко применяют мягкие контейнеры, или, как их еще называют, «биг-бэги». Их преимущества: невысокая стоимость, большой срок службы, устойчивость к механическим повреждениям, возможность вторичной переработки [1] и др.

К основным операциям, выполняемым с участием биг-бэгов, относятся загрузка, транспортирование, штабелирование, хранение и разгрузка [2]. Выполнение каждой операции предполагает различные манипуляции с биг-бэгами, для реализации которых применяют различную спецтехнику: вилочные, фронтальные и колесные погрузчики, мобильные краны, краны-манипуляторы, специальные погрузчики и др. [3; 4]. Для непосредственной работы с биг-бэгами используют специализированные захваты, конструктивные исполнения которых зависят от вида применяемой техники и типа биг-бэгов [5; 6]. Биг-бэги имеют разнообразное исполнение [7].

Для работы с биг-бэгами применяются захваты, предназначенные для установки на вилочные погрузчики. Для перемещения одновременно двух биг-бэгов широко применяется решение, геометрическая модель которого представлена на рис. 1. Такой захват имеет базовую раму (включает пару горизонтальных труб, адаптированных под вилы погрузчика) и наклонные телескопические стойки, на концах которых закреплены крюковые подве-

сы. Такой захват предназначен для работы с одно- и двухпетлевыми биг-бэгами. Общую жесткость конструкции обеспечивают поперечные балки. Для фиксации захвата на вилах погрузчика предусмотрены стопорные винты. Дополнительно предусмотрены вертикальные подпорки, разгружающие соединение базовой рамы с наклонными телескопическими стойками.

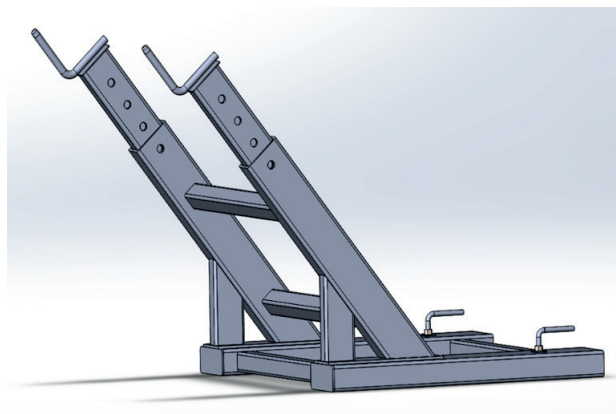


Рис. 1. Модель захвата для вилочных погрузчиков

Цель настоящей работы — выполнить топологическую оптимизацию захвата (рис. 1), проанализировать полученные результаты и предложить более рациональное техническое решение. Топологическую оптимизацию предлагается выполнять в плоской постановке в среде TopOpt-2D [8]. Расчетная схема захвата представлена на рис. 2.

Приняты допущения: вилы погрузчика являются абсолютно жесткими и есть возможность свободного скольжения элементов захвата относительно (вдоль) ви́л. Оптимизация выполнена для случая, когда наклонные телескопические стойки максимально втянуты.

В модели применен ряд следующих граничных условий. Взаимодействие захвата с вилами погрузчика представлено в модели в виде протяженного подвижного защемления (топология может свободно перемещаться вдоль защемления подобно тому как захват, если пренебречь силами трения, может свободно деформироваться в направлении вдоль ви́л, которые в модели приняты абсолютно жесткими). Подвижность топологии вдоль ви́л погрузчика ограничена шарнирно-неподвижной опорой (слева на рис. 2) подобно тому, как захват фиксируется на вилах. В качестве нагрузки принята сила от веса груза, которая прикладывается к верхней части наклонной стойки. Приложение силовых факторов учитывает непостоянство направления их действия относительно захвата при транспортировании биг-бэга в разные моменты времени. При составлении расчетной схемы также учитывалось наличие области (рис. 3), в которой располагается биг-бэг и где материал (в результатах оптимизации) должен отсутствовать. После задания в TopOpt-2D граничных условий с учетом геометрических соотношений реального захвата получена топология (рис. 3) для размера сетки — 240×400 и с выполнением условия 10 %-го заполнения линиями построения проектной области.

Исходя из полученной топологии видно, что в ее основании имеется тонкая горизонтальная линия построения (черная линия вблизи протяженного подвижного защемления), на месте которой в моделируемом захвате располагаются трубы для ви́л погрузчика. Данные результат позволяет сделать предварительный (требует проверки методом конечных элементов) вывод о том, что в захвате эти трубы наименее нагружены, а значит, толщину стенок труб (высоту и ширину поперечного сечения труб уменьшить невозможно, поскольку они зависят от соответствующих размеров ви́л погрузчика) можно значительно уменьшить. Однако при этом необходимо следить за тем, чтобы во время эксплуатации ви́лы погрузчика, во избежание возможного повреждения захвата, входили в его трубы на полную глубину.

В полученной топологии (рис. 3) прослеживается структура, в которой имеется похожий на оттяжку (работает на растяжение) подпертый снизу стойкой элемент. Такая топология позволяет

разгрузить наклонную телескопическую стойку захвата от изгибающего момента, а значит, делает возможным уменьшение ее поперечного сечения.

На основе результатов оптимизации получено новое решение захвата (рис. 4), в котором от прошлого исполнения осталась базовая рама и пара наклонных телескопических стоек. Уменьшены размеры их поперечных сечений пропорционально снижению напряженного состояния. В конструкцию дополнительно включены оттяжки и пара стоек. Даже при установке ви́л погрузчика в трубы захвата не на полную глубину (до 75 % длины ви́л) наклонная телескопическая стойка будет непосредственно опираться на ви́лы погрузчика, что

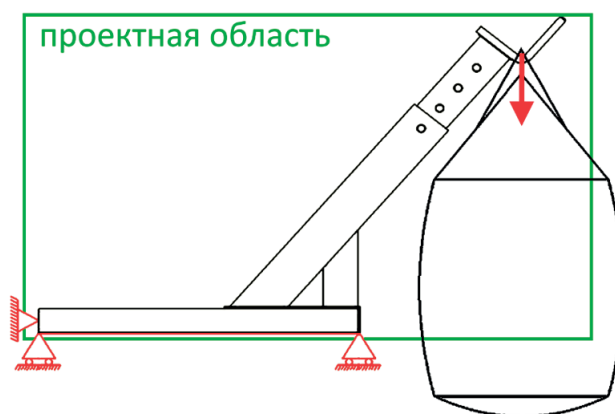


Рис. 2. Расчетная схема захвата

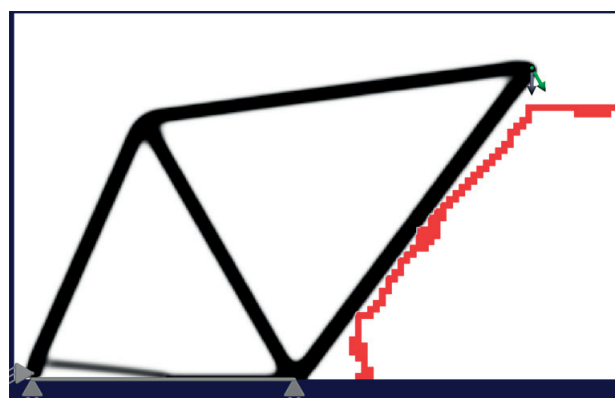


Рис. 3. Результат оптимизации

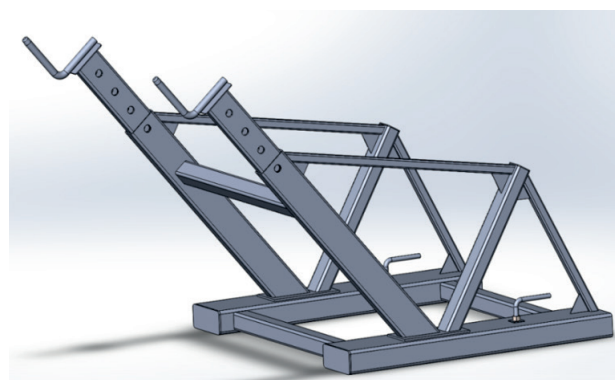


Рис. 4. Новое техническое решение захвата

делает возможной эксплуатацию захвата и в этом случае. Важно отметить, что длина труб захвата для вил погрузчика осталась неизменной, что вызвано необходимостью обеспечения физических ограничений против раскачивания биг-бэгов при их перемещении.

При создании нового решения захвата были сохранены его габаритные и присоединительные размеры, а также вылет и угол наклона телескопических стоек. Поперечные сечения нового решения захвата выбраны исходя из предварительных про-

ектных расчетов. В результате оптимизации масса захвата уменьшена со 186 до 137 кг. Уменьшение массы захвата позволяет применять вилочные погрузчики меньшей грузоподъемности, либо делает потенциально возможным повышение их грузоподъемности при работе с биг-бэгами.

Применение простых общедоступных систем топологической оптимизации позволяет получать более рациональные решения не только известных технических решений, но и на начальных этапах проектирования новых изделий.

### Список литературы

1. Андреев К. П. Разработка и обоснование параметров рабочих органов самозагружающейся машины для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений : дис. ... канд. техн. наук. Рязань, 2017.
2. Шупилов А. А., Булойчик Т. М., Позняк Ю. С. Применения контейнеров типа «биг-бэг» в первичном семеноводстве // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. Минск. 2019. № 4. С. 93–95.
3. Лапиков М. А., Барабанов Д. С., Волков И. В., Макаров А. М. Разработка и исследование автоматизированного устройства для манипулирования биг-бэгом // Изв. ВолгГТУ. 2020. № 8 (243). С. 65–67.
4. Рабинович Л. А., Макаров А. М. Устройство для захвата и автоматического раскрытия мешков из ткани // Изв. ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. Сер. Прогрессивные технологии в машиностроении. 2009. № 8 (56). С. 102–105.
5. Сердобинцев Ю. П., Макаров А. М. Повышение качества предпроектной подготовки процесса фасовки сыпучих материалов в условиях информационно-технологической среды // Совр. наукоемк. технологии. 2011. № 4. С. 48–50.
6. Макаров А. М., Сердобинцев Ю. П. Автоматизация процесса наполнения мягкой фасовочной тары сыпучим материалом // Совр. проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 1–7.
7. Silva Barbosa Ferreira da E., Ó Pereira do C. H., Araújo E. M. Properties and Morphology of Polypropylene / Big Bags Compounds // Mat. Res. Vol. 22, suppl. 1 São Carlos 2019 Epub. Sep.
8. Гнездилов С. Г., Шубин А. Н. Принципы рационального проектирования элементов машин с использованием методов топологической оптимизации // Строит. и дорож. машины. 2016. № 2. С. 44–49.